

# CONSUMO DE OXIGENO EN PRUEBA ESCALONADA DE LAS CADETES DE LA ESCUELA MILITAR DE CADETES GENERAL JOSE MARIA CORDOVA, CORTE TRANSVERSAL.

## **Autores:**

Dra. Irene Gómez Riveros.

Dra. Laura González Henao

Dra. Maritza Ramírez Nieto

Especialistas en Medicina del Trabajo. Universidad del Rosario. 2011

## **RESUMEN**

**INTRODUCCION** La incorporación de mujeres a las fuerzas armadas en el Ejército Nacional de Colombia se inició en 2008, para ser formadas como oficiales de arma por 3 años en la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova, por lo cual se convierte en una necesidad fundamental desarrollar evaluaciones fisiológicas que permitan determinar el nivel de trabajo físico que e deben desarrollar en sus diferentes actividades

**OBJETIVO** Determinar la capacidad de trabajo físico máximo CTF máx. de las cadetes, que se encuentran en 2 años de formación, a partir de su potencia aeróbica máxima determinada mediante prueba escalonada..

## **MATERIALES Y METODOS**

Se realizó un estudio descriptivo de corte trasversal en una muestra de 46 cadetes femeninas de segundo año de formación, a quienes se les realizó la prueba escalonada descrita por el Doctor Rogelio Manero, para establecer su consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx.) y a partir de este obtener la capacidad de trabajo físico máximo. Para el análisis estadístico se utilizaron frecuencias, porcentajes y unidades de tendencia central con base en promedios y porcentajes. Se utilizó test de Fisher, T student para grupos independientes con una  $p < 0,05$

## **RESULTADOS**

La población estudiada fue 46 cadetes con un promedio de edad de 19 años, Se encontró un consumo de oxígeno promedio de 4,5 litros / minuto y una capacidad de trabajo físico máximo promedio de  $22,49 \pm 4.53$  kcal /min, además se encontró en las mujeres que realizan deporte adicional al entrenamiento básico presentaban una mejor capacidad de trabajo físico máxima con respecto a las que no lo realizaban. ( $p=0,02$ )

**DISCUSION** Los resultados de este estudio muestran la asociación entre La actividad física deportiva adicional al entrenamiento básico y la capacidad de

trabajo físico máximo, sin que se halla encontrado relación con el tipo de disciplina deportiva practicada.

**Palabras clave** *consumo máximo oxígeno, capacidad trabajo físico máximo, prueba escalonada.*

## INTRODUCCION

La incorporación de mujeres a las fuerzas armadas en América latina tiene como fuente inicio procesos de democratización y de modernización institucional así como también se ha analizado desde el punto de vista de la globalización gracias a la cual en países como España y estados unidos entre el 15 y 20% de los integrantes de sus fuerzas armadas son mujeres, en las décadas de los 70 y 80s en países como Chile, Brasil, Argentina y Uruguay inicio el proceso de feminización de los ejércitos de América Latina,(1) en Colombia: el Ejercito Nacional solo hasta el año 2008 se inicio la incorporación se cadetes femeninas para ser formadas como oficiales de arma por 3 años en la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova.

La incorporación de las mujeres como oficiales de arma en el Ejercito Nacional de Colombia ha sido un giro importante los parámetros tanto de incorporación como de entrenamiento físico por lo cual se convierte en una necesidad fundamental desarrollar evaluaciones fisiológicas que permitan determinar el nivel de trabajo físico que estas deben desarrollar en sus diferentes actividades especialmente las que comprometen la capacidad física y así llevar a cabo sus tareas sin sufrir fatiga, para permitir un desempeño acorde a sus necesidades metabólicas pero que les permita un desarrollo de las actividades militares y físicas, con el fin de obtener una carrera de las armas exitosa y equiparable a los estándares establecidos para el personal masculino.

Comprender los conceptos y usos fisiológicos del trabajo físico que las cadetes desempeñan permite establecer una metodología del estado fisiológico, por medio de la cual se pueden desarrollar planes de entrenamiento adecuados y ajustados a las necesidades de las mismas, además nos permite obtener elementos teórico prácticos para seleccionar o preparar a las cadetes para tareas específicas con características especiales de acuerdo a sus propias valoraciones.

Debido a su exhaustivo entrenamiento físico, las cadetes pueden ser consideradas como atletas de alto rendimiento, los cuales se caracterizan por altos valores de consumo de oxígeno o  $\dot{V}O_2$  máx., y a esto se deben sus buenos resultados en pruebas de resistencia (2)

La capacidad máxima de trabajo está determinada por la capacidad de las vías respiratorias y el sistema cardiovascular para el transporte y el uso del oxígeno, (3) el consumo máximo de oxígeno mide la capacidad funcional del sistema cardiovascular por lo que se considera importante en la determinación de la

capacidad de trabajo físico en condiciones aeróbicas y es superior a cualquier otra prueba única para evaluar la capacidad de trabajo físico (4,5, 6)

La capacidad aeróbica máxima es sinónimo de consumo máximo de oxígeno o VO<sub>2</sub> máxima, refleja la capacidad combinada de los sistemas cardiovascular y respiratorio para obtener, transportar y entregar oxígeno a los músculos durante el trabajo como también la eficiencia de este tejido para usarlo. (7)

La potencia aeróbica o consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>.) muestra la velocidad máxima a la cual el oxígeno puede ser consumido (8, 9, 10) Se puede definir la potencia aeróbica máxima como el mayor consumo de oxígeno que puede obtenerse durante el trabajo físico, respirando a nivel del mar durante un tiempo limitado; está influenciada por factores propios del individuo como la edad, el género, estados patológicos, nutricionales, la composición corporal, y factores externos como la presión atmosférica, la humedad relativa del aire, la temperatura ambiental, y factores propios de la organización del trabajo como el tipo de contratación, salarios, tareas a realizar.(11,12)

El Límite de Gasto Energético (LGE) es un indicador que se comporta como un índice fisiológico, el cual permite determinar en función del tiempo, que proporción de la CFT máx. puede ser comprometida en el trabajo. El límite es menor mientras mayor sea el tiempo que dura el trabajo o la actividad laboral. Este es calculado en base a la capacidad de trabajo físico máxima (CTF máx.), el tiempo, el ambiente real del trabajo. El Límite de Gasto Energético Acumulado (LGEa) es el “techo umbral” del gasto energético del trabajador, durante un periodo determinado, el cual no debe superar o traspasar. (11). El LGEa en comparación con el Gasto Energético Total del trabajo permite ver el comportamiento de la exigencia de la carga física de trabajo en relación con las posibilidades del trabajador, es el límite en el cual el trabajador puede realizar la actividad laboral sin ningún riesgo, si llega al límite o lo supera dicho trabajador estaría en riesgo fisiológico, por lo cual el régimen del trabajo, la organización del mismo y/o la condición física del trabajador deben modificarse (11)

La medición del consumo máximo de oxígeno es considerado por muchos autores como el principal componente de la aptitud física (3), el consumo de oxígeno es proporcional a la amplitud del esfuerzo físico (7) El conocimiento de la capacidad aeróbica es importante para determinar el grado de entrenamiento o adaptabilidad del individuo, permite reconocer los niveles de rendimiento óptimo sin llegar a la fatiga. Diferentes métodos para la evaluación del consumo máximo de oxígeno han sido descritos por Taylor (1944), Astrand (1952) y Balke (1960), (13) sin embargo los procedimientos descritos por estos autores tienen importantes limitaciones de carácter técnico y especial el potencial riesgo para el individuo por ser pruebas máximas, por lo que se han descrito pruebas submáximas (3, 14)

La mayoría de las pruebas para la determinación del trabajo físico la capacidad se basan en una relación lineal de la velocidad del trabajo del corazón y el consumo de oxígeno o la intensidad del trabajo.(9) Si la pendiente de esta línea se

determina a partir de mediciones realizadas durante el ejercicio submáximo, entonces es posible predecir los valores probables de la capacidad de trabajo físico. (4) Se han desarrollado pruebas de campo simples para proporcionar una estimación de  $\dot{V}O_2$  máx. Estas pruebas requieren que el individuo intente cubrir la mayor distancia posible en un tiempo determinado (Cooper), o cubrir una distancia determinada en el menor tiempo posible (Getchell). Estas pruebas de campo son pruebas máxima desde el inicio y requieren muy motivado personas con algún conocimiento del juicio ritmo y una comprensión de los requisitos de prueba (2) Varias pruebas de predicción han sido creadas para evaluar la capacidad aeróbica, estas incluyen, caminar o realizar un trabajo durante un tiempo determinado, "la realización de una prueba gradual de traslado progresivo con aumentos en la velocidad cada minuto<sup>2</sup> o la medición de la frecuencia cardiaca durante una carga de trabajo y extrapolando a la previsión de la frecuencia cardiaca máxima para determinar una estimación de  $\dot{V}O_{2max}$ . (15, 16, 17, 18).

Los métodos más populares de la prueba submáxima han sido aquellos que predicen la  $\dot{V}O_{2max}$  por extrapolación de la relación de los  $\dot{V}O_2$  submáxima y la frecuencia cardiaca (10, 19) Se han desarrollado técnicas para la estimación de la potencia aeróbica mediante el nomograma de Astrand, pruebas de escalón como la prueba del Rogelio Madero (15), El banco de la prueba escalonada y la bicicleta estacionaria han sido reconocidas como los ergómetros más adecuados para las pruebas de esfuerzo submaximas (6, 19)

El presente estudio tiene como objetivos determinar la capacidad de trabajo físico máximo CTF máx. de las cadetes, que se encuentran en 2 años de formación, a partir de su potencia aeróbica máxima determinada mediante prueba escalonada, establecer la clasificación de la potencia aeróbica de las cadetes según el cuadro normativo de capacidad aeróbica de American Heart Association (11) y la relación entre los niveles de consumo de oxígeno de las cadetes y la edad, tipo de actividad física deportiva, Colesterol Total, Triglicéridos, Hemoglobina, Hematocrito y Glicemia.

## **MATERIALES Y METODOS**

Se realizó un estudio de corte transversal en una muestra de 56 cadetes femeninas de segundo año de formación, se les informaron los objetivos, los riesgos y los beneficios de la investigación, y una vez aceptaron voluntariamente su participación, firmaron un consentimiento escrito

Los criterios de inclusión estuvieron determinados por las Cadetes con 2 años de antigüedad en la Escuela Militar con edad mayor o igual a 18 años y menores de 30 años, y los de exclusión por la presencia de enfermedades tiroideas, osteomusculares, cardiovasculares o pulmonares; con o sin tratamiento médico, hemoglobina menor de 10g/dl, hematocrito menor de 32%, niveles de glucosa basal mayor 110 mg/dl, o menor de 60 mg/dl., sospecha o diagnostico de embarazo, haber presentado picos febriles en las 48 horas previas a la prueba, la

decisión de no participar en el estudio. Se excluyeron 10 cadetes por presentar problemas osteomusculares.

Se aplicó a cada cadete el formato de valoración médica pre - prueba escalonada para evidenciar aspectos que puedan alterar el resultado de la prueba (procesos febriles, antecedentes de alteraciones tiroideas, anemias, medicamentos, hora de la última ingesta de alimentos), se revisaron los resultados de los controles metabólicos más recientes que la Escuela Militar realiza a las cadetes consistentes en Cuadro hemático, glicemia basal, para detectar síndromes anémicos, estados de policitemia, hiper o hipoglicemia, los cuales son realizados en el Laboratorio clínico de la Escuela Militar de cadetes; se tomó la frecuencia cardíaca de reposo, temperatura, tensión arterial en reposo, talla y peso, posteriormente se calculó la frecuencia cardíaca máxima mediante la fórmula  $220 - \text{edad}$ , y posteriormente el 65 % de la frecuencia cardíaca máxima teórica, este dato se utilizó como máximo permitido para continuar la prueba, dados que se registraron en la tabla de registro de datos, luego llevó a cabo la prueba escalonada (según las especificaciones del Doctor Rogelio Manero) utilizando un escalón de madera de 25 cms de altura, 50 cms de ancho, 40 cms profundidad, un metrónomo earpower, se explicó a cada cadete debe subir y bajar completamente del escalón al ritmo marcado por el metrónomo, se aplicó la primera carga que consiste en subir y bajar el escalón 17 veces por minuto o dar 68 pasos por minuto durante tres minutos inmediatamente se sentó y se monitorizó la frecuencia cardíaca durante 15 segundos, se multiplicó este valor por 4 para obtener la frecuencia cardíaca submáxima de la primera carga y se comparó con el valor máximo para cada cadete, si lo superaba se suspendería la prueba, si no se sometió a la segunda carga a 104 pasos por minuto durante los siguientes tres minutos, inmediatamente se sentó y monitorizó la frecuencia cardíaca durante 15 segundos, se multiplicó este valor por 4 para obtener la frecuencia cardíaca submáxima de la segunda carga y se comparó con el valor máximo, para definir si continuaba a la tercera carga, para quienes los superaron se suspendió la prueba y se tomó este valor como definitivo, las participantes que no lo superaron se sometieron a la tercera carga a 136 pasos por minuto por tres minutos posteriormente sentadas se monitorizó la frecuencia cardíaca por 15 segundos se calcula la frecuencia cardíaca submáxima de la tercera carga, el valor de la frecuencia cardíaca submáxima de la última carga tolerada por la cadete fue remitido a una matriz donde se tomaron en cuenta el género y peso y se cruzó con el valor obtenido de la prueba para el consumo máximo de oxígeno, este valor se dividió en 100 para pasar a litros por minuto, se aplicó el factor de corrección por edad y el valor obtenido corresponde a la  $\text{VO}_2$  máx. O potencia aeróbica máxima. La capacidad máxima de trabajo físico es obtenida a partir de la potencia aeróbica máxima teniendo en cuenta que por cada litro de oxígeno consumido se generan 20 KJ  $\pm$  5KJ que equivalen a 5 Kcal/L  $\pm$  0,3 Kcal. /L. Todas las pruebas fueron realizadas con el mismo equipo y personal médico, en las mismas horas del día y en similares condiciones ambientales.

El valor de la potencia aeróbica máxima fue comparado con el cuadro normativo de capacidad aeróbica de American Heart Association para clasificar según la edad y el género.

Se realizó un análisis simple de todas las variables para determinar estadísticas descriptivas como medidas de tendencia central y dispersión, también se cruzaron las variables para estimar asociaciones estadísticamente significativas, para lo que se utilizó Epi-info 3.5.1 y SPSS 17.

Para el análisis estadístico se utilizó frecuencias, porcentajes y unidades de tendencia central con base en promedios y porcentajes. Se utilizó test de Fisher, T student para grupos independientes con una  $p < 0,05$ .

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en investigación de la Universidad del Rosario.

## RESULTADOS

Se seleccionaron 46 cadetes femeninas de 2ª año de formación en la Escuela Militar y se realizaron igual número de valoraciones medicas, revisión de resultados de laboratorios y pruebas escalonadas, las cadetes participantes tenían edades entre 18 y 23 años con un promedio de 19 años); en cuanto a las medidas antropométricas encontramos el peso estaba entre 50,4 Kg y 75,1 Kg, la talla entre 1,52 metros y 1,74 metros (media = 1,61 metros), y el índice de masa corporal (IMC) se encontró entre 18,5 y 26,2), encontrando el 8,4% (4) de las participantes en sobrepeso (IMC mayor de 25).

En la tabla 1 y 2 se muestran las estadísticas descriptivas de otras variables cuantitativas y cualitativas respectivamente.

**TABLA 1. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE VARIABLES CUANTITATIVAS**

	PROMEDIO ( $\mu$ )	MINIMO	MAXIMO
EDAD	19.47 $\pm$ 1.52	18	23
IMC	22.71 $\pm$ 1.755	19	26
VO2 (CONSUMO MAXIMO) LT SO <sub>2</sub> /min.	4,5 $\pm$ 0,9	2.93	6.00
VO2 MAXIMA	76.09 $\pm$ 15.52	51.5	103.7

RELATIVA (ml/Kg/min.)

CTF (CAPACIDAD TRABAJO FISICO MAXIMA)	22.49±4.53	14.65	30
GLUCOSA(mg/dL)	92.30±7.45	77	109
COLESTEROL(mg/dL)	182.26±34.613	114	264
TRIGLICERIDOS(mg/dL)	61.10±24.029	26	144
HEMOGLOBINA (mg/dL)	13.945±1.0986	10.6	15.7

**TABLA 2 ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DE VARIABLES CUALITATIVAS**

		FRECUENCIAS
ENTRENAMIENTO	SI	26 (55.3%)
ADICIONAL	NO	21 (44,7%)
IMC	<25	43 (91,3%)
	>25	4 (8,5%)
COLESTEROL	<200	35 (74.5%)
	>200	12(25.5%)
ANEMIA	SI (<11mg/dl)	3 (6.4%)
	NO (>11 mg/dL)	44 (93.6%)
DEPORTE QUE PRACTICA	NINGUNO	27 (57.4%)
	TIRO	2 (4.3%)
	ORIENTACION MILITAR	2 (4,3%)
	PENTATLON	2 (4,3%)
	ESGRIMA	10 (21,3%)
	ATLETISMO	4 (8,5%)
	NATACION	1(2,1%)

En la prueba escalonada las frecuencias cardiacas basales encontradas estaban entre 60 pulsaciones por minuto (ppm) y 80 ppm (media= 67,2ppm, DE 4,3. En la primera carga la frecuencia cardiaca promedio fue 92,4ppm (76 – 120 ppm DE11,8), en la segunda carga la frecuencia cardiaca promedio fue 110,5ppm ( 88 – 136ppm DE12,9), en la tercera carga la frecuencia cardiaca promedio fue 126ppm (108 – 148ppm DE 12,8); el 95% (45) de las cadetes realizó las tres cargas de la prueba escalonada el 5% (2) restante alcanzó la segunda carga.

Según los datos obtenidos en la prueba escalonada, la potencia aeróbica máxima (VO2) obtenida fue en promedio 4,5 litros, con una la capacidad de trabajo físico máximo promedio 22,5 kcal/lt. En relación con la capacidad física según el cuadro normativo de capacidad aeróbica de American Heart Association el 100% se encuentran en categoría excelente con valores VO2 máxima relativos, por encima de 48 ml /kg/min.

En el análisis univariado para observar la relación de la capacidad de trabajo físico máximo con las diversas variables a estudio se halló que en las mujeres con colesterol menor de 200mg/dL presentaban una menor capacidad de trabajo físico máximo con respecto a las mujeres con colesterol mayor de 200 mg/dL ( $p=0,009$  ic95% - 6.07 a -1.01); además las mujeres que realizan deporte adicional al entrenamiento básico presentaba una mejor capacidad de trabajo físico máxima con respecto a las que no lo realizaban ( $p=0,02$  IC95% -6,04 a -1.01).

**TABLA 3: ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DE LIMITES DE GASTO ENERGETICO (LGE)**

LGE (Kcal)	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<5,55	13	27.7
5,56-6,54	13	27.7
6,54-7,78	9	19.1
>7,78	12	25.5
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>100</b>

En la tabla 3 se muestra la estadística del Límite de Gasto Energético (LGE) en la cual 26 cadetes se encuentran en un rango de LGE < 5.5 – 6.54 Kcal (55.4%) 9 cadetes se encuentran en un LGE 6-54-7.78 Kcal (19.1 %) y 12 cadetes > 7.78 Kcal (25.5%).

## DISCUSION

Durante la historia se han descrito y utilizado diversas formas para medir el esfuerzo físico y el consumo máximo de oxígeno, en 1984 el Dr. Manero describió la prueba del banco o step test para medir la VO2 con una prueba submáxima (15), en 1985 en Dr. Fitchett en su estudio comparó el consumo de oxígeno obtenido por cicloergometría y por prueba del banco o step test encontrando que ambos métodos son igualmente válidos, (19), por lo que consideramos el step test como una prueba mucho menos compleja técnica y económicamente lo que ha facilitado su realización en diversos grupos de personas.



Evaluando los resultados obtenidos en nuestro estudio encontramos que los niveles de consumo de oxígeno y de capacidad máxima de trabajo físico es mayor en las cadetes que practican deporte adicional al entrenamiento físico militar en comparación con las cadetes a quienes su actividad física aeróbica se limita al plan de entrenamiento de la escuela militar. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el consumo de oxígeno y la capacidad máxima de trabajo físico al relacionarlo con cada una de las diferentes actividades deportivas. Keren y colaboradores muestran en su estudio que el entrenamiento físico aumenta el consumo máximo de oxígeno después de programa de entrenamiento de tres semanas (20). Chistensen en 1983 comparo 34 maratonistas femeninas, entre novatas (N 10) con menos de un año de entrenamiento, maratonistas con experiencia (N 13) con promedio de 2 años de entrenamiento y maratonistas profesionales (N 11) de más de 4 años encontrando consumos de oxígeno  $\text{VO}_2$  de 45,8 , 51,8 y 59,1 ml/Kg/min respectivamente, donde se observa que con mayor tiempo de entrenamiento mejor consumo de oxígeno (21), resultados que están de acuerdo con nuestros hallazgos, sin embargo, los valores de consumo de oxígeno son menores a los encontrados en el grupo de cadetes que practican deportes adicionales a la actividad física militar propia de la Escuela donde el rango de consumo máximo de oxígeno fue de 58,1 a 101,0ml/kg/min., en las cadetes que practican atletismo el promedio de consumo de oxígeno fue entre 58,1 a 91,1ml/Kg/min.,. Datos que contrastan con el estudio de Watson y colaboradores (1972) quien encontró un consumo máximo de oxígeno en atletas de 4,01litros o *61mlKg/min* por método directo (14). En Latinoamérica, en 2001 se realizó un estudio con 32 deportistas de alto rendimiento de diferentes disciplinas con edades similares a nuestra población estudio encontrando frecuencias cardiacas y cifras tensionales similares a las encontradas en nuestras cadetes, valores de consumo de oxígeno por prueba máxima promedio de 2,4litros minuto valor inferior al promedio encontrado por prueba indirecta submáxima (22). Spitler en 1987 encontró valores de consumo de oxígeno en mujeres agentes de orden público incluidos detectives, profesionales de investigación y patrullaje encontrando valores de  $41,5 \pm 8,7$  ml/Kg/min hallazgo menor a nuestro promedio de 76 ml/Kg/min, sin embargo desconocemos el nivel diario de entrenamiento físico de los oficiales de orden público que participaron en dicho estudio.(23)

Es necesario recalcar que los procesos de valoración de atletas con respecto a la  $\text{VO}_2$  máx. como un método de medición del transporte de oxígeno es de vital importancia en la evaluación de los procesos de entrenamiento cardiovascular y por lo tanto esta directamente relacionado con el desempeño físico de los atletas, como lo evidencia el estudio entre nadadores libres y los que se encuentran acorde a programas establecidos de, así pues en la medición de su  $\text{VO}_2$  Max y la capacidad pulmonar se evidenció un aumento significativo del rendimiento mediante evaluación por ergonometría en una estudio realizado por Roels and Smith para el British Medical Journal en el 2005, lo que demuestra la necesidad de establecer programas de entrenamiento dirigidos a obtención de resultados fisiológicos y metas .(24)

Con respecto a la clasificación de la potencia aeróbica de las cadetes según el cuadro normativo de capacidad aeróbica de American Heart Association el 100% se ubico en categoría excelente sin embargo, esta clasificación está elaborada para personas no entrenadas. Es de resaltar que al comparar esta potencia aeróbica con el cálculo del Límite de Gasto Energético presenta diferencias significativas, encontrándose la mayoría de las cadetes un 55.4 % que equivale a un LGE entre  $<5.5 - 6.54$  Kcal y un 25.5% con  $LGE > 7.78$  Kcal, esto nos lleva a deducir que a pesar de tener una CTF excelente al exponer las cadetes a cargas superiores llegarían al estado de fatiga o riesgo fisiológico con menos carga o entrenamiento. Por lo cual las cadetes que reflejan un LGE menor no soportarían un trabajo o entrenamiento intenso por más de 8 horas a lo cual llegan a su LGEa y Barrera de gasto energético. Para lo cual sería ideal mejorar las condiciones nutricionales con una adecuada concentración de lípidos, proteínas y carbohidratos de las cadetes con el fin de mejorar la curva metabólica energética y así aumentar su LGE. En lo referente a cada una de las disciplinas deportivas no encontramos diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los niveles de potencia aeróbica y capacidad de trabajo físico, lo cual refleja una preparación física similar hallazgos que han sido observados en atletas latinoamericanas (22)

La frecuencia cardiaca es usada en este estudio teniendo en cuenta no solo su relación directa con la carga física del trabajo si no las propias del individuo las cuales se tuvieron en cuenta en la valoración medica pre test y de esta manera disminuir el riesgo para las participantes y de igual manera el sesgo por factores intrínsecos que se pudieron presentar, lo que nos permite que las conclusiones sean a través de un método poco cuestionable entre la relación carga física frecuencia cardiaca en un trabajo submaximo. (25)

Silva y colaboradores en su estudio con cadetes de policía militar en Brasil con entrenamiento físico 5 veces a la semana encontró una discreta relación inversa entre el perfil lipídico y el consumo máximo de oxígeno, donde los individuos con niveles de consumo máximo de oxígeno elevados presentan niveles de colesterol y triglicéridos menores (26), resultado opuesto al encontrado en el presente estudio donde las cadetes con colesterol por encima de 200mg/dl presentaron valores mayores de  $VO_2$ , no encontramos correlación significativa con respecto a los triglicéridos, es de anotar que 25% de la muestra presenta niveles de colesterol por encima de lo normal, sin embargo, el estudio de Silva no considera factores como la alimentación, aspecto que tampoco fue considerado en nuestro estudio, en lo referente a la presencia de anemia en nuestro estudio encontramos un 6,4% de las cadetes presentaron hemoglobina menor de 11, no se encontró diferencias significativas entre capacidad de trabajo físico con el grupo que no presento anemia; la literatura reporta que la deficiencia de hierro disminuye la capacidad especialmente en anemias severas (27), en nuestro estudio ninguna presento anemia severa dado que este era considerado un criterio de exclusión.

La mayoría de los estudios realizados con métodos indirectos para medir consumo submáximos de oxígeno y en especial con step test son de hace varias décadas sin embargo, hace unos años se han venido realizando diversas investigaciones

para el estudio de la fisiología y la fisiopatología del esfuerzo físico mediante nueva tecnología utilizando analizadores de gases y neumotacógrafos de rápida respuesta que alcanzan la exacta medición de las variables durante el test de ejercicio, así mismo estudios como el de el Dr. Jorge Pollice y colaboradores han mostrado las diferencias entre los resultados de estos métodos directos y el cálculo de la potencia aeróbica de forma indirecta encontrando que los registros computados de análisis directos de gases y su volumetría son mas exactos que mediciones indirectas obtenidas por formulas extrapoladas a tablas según peso y carga ergonómica, encontrando también sobrevaloración de la medición indirecta de consumo máximo de oxígeno en grupos sedentarios, en el grupo entrenados ambos métodos tienen buena correlación,(7).

En Latinoamérica se han desarrollado estudios enfocados al mejoramiento del rendimiento físico con base en medidas fisiológicas y aplicación de conceptos de entrenamiento que permitan procesos exitosos, como lo evidencia el estudio realizado en nadadores en Cuba, donde se evalúan los procesos de entrenamiento a través del comportamiento de la frecuencia cardiaca e indirectamente de la  $VO_2$ , con el fin de demostrar que la adecuada adaptación del sistema cardiovascular a la carga física de trabajo permite desarrollarlo a un menor costo biológico a través del entrenamiento físico, por lo cual el siguiente paso para nuestro estudio es acondicionar un plan de entrenamiento que permita el logro de estos objetivos y realizar evaluaciones periódicas para ajustarlo y obtener el mayor rendimiento sin fatiga. (28).

Cabe anotar que la prueba realizada en este estudio como medida indirecta de la capacidad de trabajo de las cadetes, es una prueba que depende directamente del entrenamiento y la medida subjetiva tanto de la frecuencia cardiaca como los tiempo de reposos de los participantes en la misma, por lo cual a pesar que en este estudio fue desarrollado por un profesional medico, quien evaluó a todos los participantes, no se puede excluir el sesgo del error humano, por lo cual seria de gran utilidad utilizar un equipo estandarizado para la evaluación de dicha prueba, que permita un rápido análisis de los datos y las correcciones propias ajustadas al paciente, además de adicionar medidas como la  $t$  ambiente en cada evaluación y humedad relativa, además de oximetría de pulso, como lo han propuesto en la Universidad tecnológica de Pereira. (29).

Es de vital importancia mantener un protocolo de seguridad que permita el monitoreo cardiovascular así esta sea una prueba submaxima, ya que el riesgo para el paciente debe ser el mínimo y se deben mantener los protocolos de seguridad y el personal entrenado para atender eficientemente cualquier contingencia, (30) aunque en este estudio las evaluadas fueron mujeres jóvenes y entrenadas se mantuvieron las valoraciones y el acompañamiento pertinente del personal medico constante, además de contar con una red de servicios asistenciales en salud que permitiese el manejo oportuno de cualquier contingencia.

Por otra parte el procedimiento que se utilizo para la evaluación de las cadetes fue estandarizado previamente y se llevo a cabo usando un protocolo de valoración medica previa, además de una prueba controlada en un consultorio medico estándar para todas las participantes para ofrecer una alta calidad y significancia al estudio. (30)

El presente estudio es el primero realizado en cadetes femeninas de arma en la Escuela Militar sin embargo lo pequeño de la muestra, y de cada uno de los grupos no invalida nuestro estudio por el contrario abren la puerta a futuras investigaciones en esta población por lo que consideramos se deben realizar futuros estudios con métodos mas directos aunque aun sean submáximos y teniendo en cuenta otras variables, como alimentación, los parámetros exactos del plan de entrenamiento físico de la Escuela Militar, tiempo que llevan practicando las diferentes actividades deportivas, características del deporte ( metros de distancia en natación y atletismo) entre otros, variables con las que se puedan ajustar los planes de entrenamiento a las necesidades de la población femenina en formación como oficiales del Ejercito Nacional y que le permitan un mejor desempeño físico en las diversas actividades militares a las cuales estará expuestas, de igual manera en los procesos de investigación se lleguen a resultados que aporten mayor validez y soporten las decisiones en cuanto a los cambios en el entrenamiento físico.

## BIBLIOGRAFIA

1. Lilian Bobea: Mujeres en uniforme: la feminización de las Fuerzas Armadas. Rev. Nueva Sociedad enero-febrero de 2008 N° 213
2. R. Ramsbottom, J. Brewer and C. Williams a progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake Brit. J. Sports Med. - Vol. 22, No. 4, December 1988, pp. 141-144
3. C. O. Dotson, PhD and M. A. Caprarola, M. S. Maximal oxygen intake estimated from submaximal heart rate, Brit. J. Sports Med. - Vol. 18, No. 3, September 1984, pp. 191-194
4. S. K. Verma,<sup>1</sup> Msc, L. S. Sidhu,<sup>2</sup> Msc, PhD, and D. K. Kansal,<sup>3</sup> Msc A study of maximum oxygen uptake and heart rate during work and recovery as measured on cycle ergometer on national Indian sportsmen Brit .J. Sports Med.: 1979, 13, 24-28
5. Mayhew, Oxygen cost and energy expenditure of running in trained runners, Brit J. Sports Med. - Vol. 11, No. 3, September 1977, pp. 116-121
6. Watkins,J. Step tests of cardiorespiratory fitness suitable for mass testing, Brit. J. Sports Med. - Vol. 18, No. 2, June 1984, pp. 84.89
7. Jorge Pollice, Héctor Balbarrey, Pablo Ciafardoni, Marta Cerri, Stella Tavolini. Medida directa del consumo de oxígeno en la prueba cardiopulmonar del ejercicio comparada con la medición indirecta en ergonomía. Rev Fed Arg Cardiol 27: 207-213,1998
8. S Grant, K Corbett, A M Amjad, J Wilson\* and T Aitchison. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. Br. J. Sports Med., Vol. 29, No. 3, pp. 147-152, 1995
9. Astorino, J Willey, J Kinnahan, S M Larsson, H Welch, L C Dalleck. Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at V<sub>O2</sub>MAX, Br J Sports Med 2005; 39:655–660.
10. David W. Hill PhD and Jimmy C. Smith, Gender difference in anaerobic capacity: role of aerobic contribution, Br J Sp Med 1993; 27

11. Juan Carlos Velásquez Valencia, Carga física de trabajo; Bases fisiológicas y metodológicas para su estudio.
12. Weller, F M El-Gamal, L Parker, J W Reed, J E Cotes, Indirect estimation of maximal oxygen uptake for study of working populations, *British Journal of Industrial Medicine* 1988;45:532-537
13. Cink, Thomas, Validity of the astrand-ryhming nomogram for predicting maximal oxygen intake, *Brit J. Sports Med.* - Vol. 15, No. 3, September 1981, pp. 182-185
14. Watson, M.Sc., Dip. P.E, Kathleen Devenney, Maximal oxygen uptake and related functions in male and female athletes. *Br J Sports Med* 1972;6:53-64
15. Manero Torres, José Manuel; Manero Alfert, Rogelio. Nomograma para estimar capacidad física de trabajo en mujeres trabajadoras cubanas de 17 a 40 años de: *Rev. cuba. hig. epidemiol*; 22(3):337-46, jul.-sept. 1984
16. Dotson, Caprarola, M. S. Maximal oxygen intake estimated from submaximal heart rate. *Brit. J. Sports Med.* - Vol. 18, No. 3, September 1984, pp. 191-194
17. Bell, E J Bassey Postexercise heart rates and pulse palpation as a means of determining exercising intensity in an aerobic dance class, *Brit.J Sports Med* 1996;30:48-52
18. Adams, FG Yanowitz, AG Fisher, JD Ridges, Noninvasive evaluation of exercise training in college-age men. *Circulation* 1981;64:958-965
19. M A Fitchett . Predictability of VO<sub>2</sub> max from submaximal cycle ergometer and bench stepping tests. *Br J Sports Med* 1985;19:85-88
20. Keren, Epstein, Pure aerobic training on aerobic and anaerobic capacity, *Brit. J. Sports Med.* - Vol. 15, No. 1, March 1981, pp. 27-29
21. Carol Christensen, R. O. Ruhling, physical characteristics of novice and experienced women marathon runners, *Brit. J. Sports Med.* - Vol. 17, No. 3, September 1983, pp. 166-171

22. Javier Padilla Pérez, Estudio comparativo de la fisiología del ejercicio en grupos de deportistas mexicanas de diferentes especialidades. Rev Inst Nal Enf Resp Mex Volumen 14 - número 3 Julio - septiembre 2001 Págs. 145-150.
23. Spitler,facsm,Jones,Hawkins,Dudka, Body composition and physiological characteristics of law enforcement officers BritJ.Sports Med. - Vol. 21, No. 4, December 1987, pp. 154-157
24. B Roels, L Schmitt, S Libicz, D Bentley, J-P Richalet, G Millet. Specificity of V'O2MAX and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers Br J Sports Med 2005;39:965-968
25. M<sup>a</sup> Dolores Solé Gómez Especialista en Medicina del Trabajo centro nacional de condiciones de trabajo. Ntp 295: valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardiaca, instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, ministerio del trabajo y asuntos sociales España
26. Silva, M...; Rabelo, A.; Vale.; Ferrão, M.; Sarmiento, L.,Dantas, E. Correlación entre vo2 máx., gordura relativa y perfil lipídico, en cadetes de la academia de policía militar del estado de río de janeiro. Motricidad. European Journal of Human Movement, 2009: 22, 147-157
27. Jere D. Haas, Thomas Brownlie Iron Deficiency and Reduced Work Capacity: A Critical Review of the Research to Determine a Causal *Journal of Nutrition*. 2001;131:676S-690S
28. Dra. María Elena González Revuelta, Dr. José Raúl Amaro Chelala y Lic. Reinaldo Gómez Urbina. Comportamiento del rendimiento aeróbico-anaeróbico en un grupo de jóvenes que practican natación. facultad de ciencias médicas "Dr. Salvador Allende" Hospital Militar "Dr. Carlos J. Finlay". Rev Cubana Invest Biomed 1998;17(3):198-9
29. José Gerardo Cardona Toro, Luís Fernando Jaramillo correa, William Ardila Urueña, equipo para la determinación del trabajo físico en humanos. Team for the decision of the physical work in humans. Scientia et Technica Año XIV, No 38, Junio de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

30. Vanessa Noonan, Elizabeth Dean. Submaximal Exercise Testing: Clinical Application and Interpretation Physical Therapy. Volume 80. Number. August 2000